



MENISCUS SIGNALS IN VIBRATION ARTHROGRAPHY

MCCOY, GF., BEVERLAND, DE., Kernohan, G., & MOLLAN, RAB. (1987). MENISCUS SIGNALS IN VIBRATION ARTHROGRAPHY. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*, 125(3), 275-279.
<https://doi.org/10.1055/s-2008-1044727>

[Link to publication record in Ulster University Research Portal](#)

Published in:
Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie

Publication Status:
Published (in print/issue): 01/05/1987

DOI:
[10.1055/s-2008-1044727](https://doi.org/10.1055/s-2008-1044727)

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

General rights
Copyright for the publications made accessible via Ulster University's Research Portal is retained by the author(s) and / or other copyright owners and it is a condition of accessing these publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

Take down policy
The Research Portal is Ulster University's institutional repository that provides access to Ulster's research outputs. Every effort has been made to ensure that content in the Research Portal does not infringe any person's rights, or applicable UK laws. If you discover content in the Research Portal that you believe breaches copyright or violates any law, please contact pure-support@ulster.ac.uk.

Die Meniskussignale in der Vibrations- arthrographie

G. F. McCoy, D. E. Beverland, W. G. Kernohan,
R. A. B. Mollan

Department of Orthopaedic Surgery, The Queen's University of
Belfast, Musgrave Park Hospital, Belfast BT 9 7JB, Northern
Ireland (Director: Prof. R. A. B. Mollan)

Einführung

Die Vibrationsarthrographie (VAG) stellt eine neuentwickelte nicht-invasive Technik zur Beurteilung von Erkrankungen des Bewegungsapparats dar. Berichte über Aussagekraft und diagnostische Einsatzmöglichkeiten finden sich in der neuesten Literatur (Cowie u. Mitarb., 1984; Wallace, Kernohan und Mollan, 1985). Die vielversprechendsten Einsatzmöglichkeiten der Vibrationsarthrographie liegen im Bereich des Kniegelenks (McCoy u. Mitarb., 1985), da dieses den Kliniker vor große diagnostische Schwierigkeiten stellt. In einer früheren Veröffentlichung unseres Zentrums berichteten wir bereits über erste Ergebnisse beim Einsatz dieser Technik bei akuten Kniegelenksverletzungen. Damals beschrieben wir besonders die Aufnahme- und Analyseverfahren, deren sich die Vibrationsarthrographie bedient (McCrea u. Mitarb., 1985). Die vorliegende Publikation faßt die Ergebnisse einer großen Anzahl von Patienten mit Meniskusverletzungen zusammen, die mit dieser neuen Methode untersucht wurden. Dargestellt werden die verschiedenen Signalmuster der unterschiedlichen Meniskusverletzungen. Außerdem wird gezeigt, welche Auswirkungen arthroskopische Resektion auf diese Signalmuster hat.

Material und Methodik

Von August 1983 bis Juli 1984 unterzogen sich 247 Patienten einer arthroskopischen Untersuchung an unserem Zentrum. Jeder dieser Patienten hatte sich bereits in unserer Poliklinik vorgestellt. Die Indikation zur Arthroskopie wurde ausschließlich aufgrund der klinischen Untersuchung gestellt. Derselbe erfahrene Arzt führte diese Untersuchung in allen Fällen durch. Dies gewährleistete eine einheitliche diagnostische Ausgangslage, auf deren Basis die Aussagekraft unserer Technik beurteilt werden konnte. All diejenigen, die sich der Arthroskopie unterzogen, stimmten einer vorausgehenden Vibrationsanalyse zu.

Die Untersuchung wurde am Morgen vor dem Eingriff auf Station durchgeführt. Vibrationsfühler (Akzelerometer) wurden an den Standardpositionen angebracht (Abb. 1), jeweils über medialem und lateralem Condylus femoris und auf der Patella. Eine Serie von aktiven Kniebewegungen von 2, 4 und 6 Sekunden Dauer und von passiven Bewegungen (Böhlerzeichen und McMurray-Test) wurden durchgeführt. Ein aktiver Bewegungszyklus wurde definiert als eine Bewegung von 90° Flexion – über maximale Extension – wieder

Zusammenfassung

Die Technik der Vibrationsarthrographie (VAG) ist eine nicht-invasive Methode zur Beurteilung von Schäden innerhalb des Kniegelenks. Mit dieser Methode wurde eine Studie durchgeführt, in der die Signalmuster von Patienten mit Kniegelenksbeschwerden untersucht wurden. Die Daten wurden mit Hilfe eines Computers aufgezeichnet und ausgewertet, wie beschrieben von McCrea und Mitarbeitern (1985). Zweihundertsiebenundvierzig Patienten wurden untersucht und zusätzlich arthroskopiert. Bei einhundertzweiundsiebzig der Versuchspersonen wurde arthroskopisch eine Meniskusläsion festgestellt, wobei sich bei einhundertfünfzig charakteristische Signale einer Meniskusschädigung in der Vibrationsarthrographie zeigten. In dieser Veröffentlichung werden die charakteristischen Signalmuster der verschiedenen Läsionen und die Auswirkungen einer Meniskusoperation auf diese Muster diskutiert. Die Sensitivität der Vibrationsarthrographie für den Nachweis von Meniskusschäden beträgt 86 %. In vielen Fällen konnte nicht nur die Läsion lokalisiert, sondern auch die Rißform mit zufriedenstellender Genauigkeit bestimmt werden.

Meniscus Signals in Vibration Arthrography

The technique of vibration arthrography (VAG) permits the non-invasive evaluation of internal derangements of the knee. Using the computer-assisted recording and analysis equipment which has previously been described, a major survey was conducted into the signal patterns present in subjects with symptomatic knee joints. Two hundred and forty-seven patients were examined, and all of these subsequently underwent arthroscopy. One hundred and seventy-two patients were demonstrated arthroscopically to have a meniscal lesion and 150 of these gave characteristic meniscal signals. This paper discusses the vibration signal patterns associated with the various types of meniscal tear and the effect of surgery on the meniscal signal. The overall accuracy of vibration arthrography in the diagnosis of meniscal pathology was 86 %. In many cases, not only could the site of a meniscal tear be determined, but the type of tear could be diagnosed with reasonable accuracy.

zu Flexion bis 90°. Die Bewegungsgeschwindigkeit wurde mit Hilfe eines elektronischen Goniometers annähernd konstant gehalten (McCrea u. Mitarb., 1985). Bei dieser Vorrichtung wird eine Doppelreihe verschiedenfarbiger Lichter verwendet. Dabei zeigt die eine Reihe die gewünschte, die andere die tatsächliche Bewegungsgeschwindigkeit an. Durch Vergleich der beiden Reihen konnte somit eine vorgegebene Geschwindigkeit mit ausreichender Genauigkeit aufrecht erhalten werden. Für jede getestete Bewegungsgeschwindigkeit wurden mehrere Versuchsdurchläufe auf einem 4-Kanal-FM-Tonband aufgezeichnet und anschließend im Labor ausgewertet.

Die arthroskopische Untersuchung wurde nach der von Jackson und deHaven (1975) und später auch von Dandy (1981) empfohlenen Methode durchgeführt. Alle Arthroskopien wurden von ein und derselben Person ausgeführt, um so eine

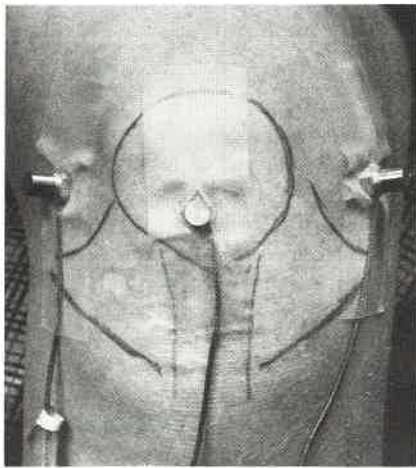


Abb. 1 Standardposition der Akzelerometer über dem Condylus femoris medialis und lateralis und über der Patella.

einheitliche diagnostische Grundlage für die nachfolgende Korrelation der Signale mit der beobachteten Pathologie zu gewährleisten. Die Patienten wurden im allgemeinen am Abend des Eingriffes oder spätestens am darauffolgenden Tag entlassen.

Zur Analyse wurden die Kassetten mit einem Achtel der Aufnahmegeschwindigkeit abgespielt, in ein „Bruel & Kjaer“ (Typ 2031) Spektrum-Analysegerät aufgenommen und anschließend in einen Mikrocomputer zur weiteren Analyse eingegeben. Dieses Vorgehen ermöglichte eine Frequenzanalyse der 3 „output“-Kanäle des Akzelerometers, die Ermittlung des Kanals mit dem größten „out-put“ und des Größenverhältnisses der Signale zueinander (McCrea u. Mitarb., 1985). Als brauchbarste Parameter zur Beschreibung des Vibrationssignals erwiesen sich die Amplitude des mechanischen Ereignisses (d. h. der Beschleunigungsbereich), die meßbare Energie des Signals (d. h. quadratischer Mittelwert) und die Gipffrequenz (Herz). Das elektronische Goniometer gab die jeweilige Position im Bewegungszyklus an. Wo Meniskussignale präsent waren, wurden mehrere der vollständigen Signale (d. h. alle 3 Kanäle) analysiert und auf einer „Floppy disk“ gespeichert.

Jede Testperson erhielt eine Nummer, um eine spätere Identifikation zu ermöglichen. Einige der Patienten wurden durch Zufallsauswahl dazu bestimmt, sich zwischen drei Monaten und einem Jahr nach arthroskopischer Meniskusentfernung einer Nachfolgeuntersuchung zu unterziehen. Der Testablauf für diese Nachuntersuchung entsprach der präoperativen Untersuchung, d. h. 2, 4 und 6 Sekunden dauernde aktive Bewegungszyklen, Böhlerzeichen und McMurray-Belastungstest. Die Analysemethoden und Speicherung der hierbei aufgenommenen Signale entsprachen dem oben Beschriebenen.

Ergebnisse

Von 247 Patienten, die sich einer Behandlung von akuten Knieverletzungen an unserem orthopädischen Zentrum unterzogen, konnte bei 172 arthroskopisch eine Meniskusläsion festgestellt werden. Bei 150 (86 %) dieser Patienten

konnten im VAG typische Meniskussignale nachgewiesen werden. Diese Signale sind charakteristisch und werden nachgewiesenermaßen von keiner anderen intraartikulären Pathologie hervorgerufen. Das maximale Signal findet sich stets auf der betroffenen Seite. Das Primärsignal, d. h. das Signal des pathologisch veränderten Meniskus, wies eine Frequenz im Bereich von 25–338 Hz auf, mit einem Mittelwert von 118 Hz. Die Amplitude des mechanischen Ereignisses, gemessen als Beschleunigungsbereich, variierte von 1,0 bis 35 m/s^2 (Mittelwert: 4,8 m/s^2). Unter den 150 Patienten mit pathologischem Meniskussignal waren 85 Fälle mit medialen und 65 Fälle mit lateralen Meniskusverletzungen.

Eine Vielfalt von Meniskusschäden wurde beobachtet, wobei sich die Signalmuster entsprechend den Meniskusläsionen unterschieden: Vollständige Meniskusrisse (der sogenannte Korbhakenriß oder Meniskus bipartitus) wurden bei 43 Patienten mit Meniskussignalen beobachtet. Zieht sich ein Längsriß durch den gesamten Meniskus (d. h. Typ I der Dandy-Klassifikation von Korbhakenrissen; Dandy, 1981), so konnte ein typisches Signal in Mittelstellung des Knies bei ca. 45° Beugung abgegriffen werden. Dieser Läsionstyp führte zu einer maximalen Ablenkung des Signals über der betroffenen Seite. Das nächstgrößte Signal fand sich über der Patella und das kleinste auf der gegenüberliegenden Seite (Abb. 2). Die Aufzeichnung in Abbildung 2 wurde bei einer Beugung von 32° angefertigt.

Bei einem Einriß des Hinterhorns im posterioren Drittel des Meniskus (Typ III der Dandy-Klassifikation) fand sich das maximale Signal bei wesentlich stärkerer Flexion von nahezu 90°. Wiederum wurde die maximale Ablenkung auf der betroffenen Seite aufgezeichnet. Das zweitgrößte Signal konnte allerdings über der kontralateralen Seite beobachtet werden, während das geringste Signal über der Patella abgetastet wurde (Abb. 3).

Ein Lappenriß des Hinterhorns wurde bei 57 der Fälle beobachtet. Das bei dieser Meniskusläsion beobachtete Signal war charakteristisch und trat bei keiner anderen intraartikulären Pathologie auf. Wiederum fand sich der größte Ausschlag über der betroffenen Seite. Allerdings erwies sich das kontralaterale Signal ebenfalls als signifikant, jedoch nicht ganz so groß. Die Ablenkung über der Patella war hingegen sehr klein (Abb. 4). Diese Signale des Hinterhorns zeigten sich bei einer Bewegung in Richtung maximaler Beugung. Das Beispiel in Abbildung 4 wurde bei einer Kniegelenksflexion von 98° aufgenommen.

Bei 24 der Versuchspersonen erwies sich der Meniskus als ungewöhnlich beweglich, d. h. er konnte mit Hilfe einer Sonde nach vorne disloziert werden, ohne daß ein eigentlicher Einriß stattgefunden hätte. Die Patienten erzeugten Vibrationssignale während des McMurray-Tests, wobei sich das Knie nahezu in Maximalflexion befand. Das Signalmuster war demjenigen bei Hinterhornrissen sehr ähnlich, jedoch war die Gipffrequenz des eigentlichen Signals um einiges größer. Diese Patienten wurden nicht in die postoperative Nachfolgeuntersuchung aufgenommen, da bei ihnen keine Meniskusresektion vorgenommen worden war.

Die verbleibenden 26 Patienten litten an mannigfaltigen Meniskusläsionen, z. B. Horizontalspaltungen oder Einrissen vom freien Rand her bei zystischem Meniskus (üblicherweise lateral). Bei der letztgenannten Gruppe fand sich ein äußerst charakteristisches Signal. Wie bei allen 150 betrachteten Fällen wurde die größte Ablenkung auf der betroffenen Seite beobachtet. Ein wesentlich kleineres Signal fand sich über der Patella und ein äußerst kleines über der kontralateralen Seite

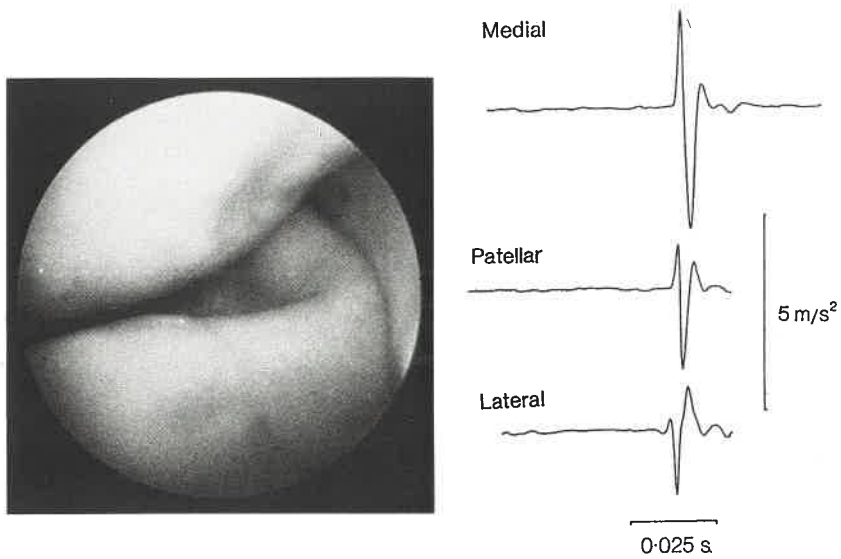


Abb. 2 Arthroskopische Aufnahme eines vollständigen Längsrisses im medialen Meniskus (Typ I Korbhenkelriß). Das Signalmuster ist typisch für diese Läsion: Die Größe des von der Patella abgeleiteten Signals liegt zwischen derjenigen der betroffenen und der kontralateralen Seite.

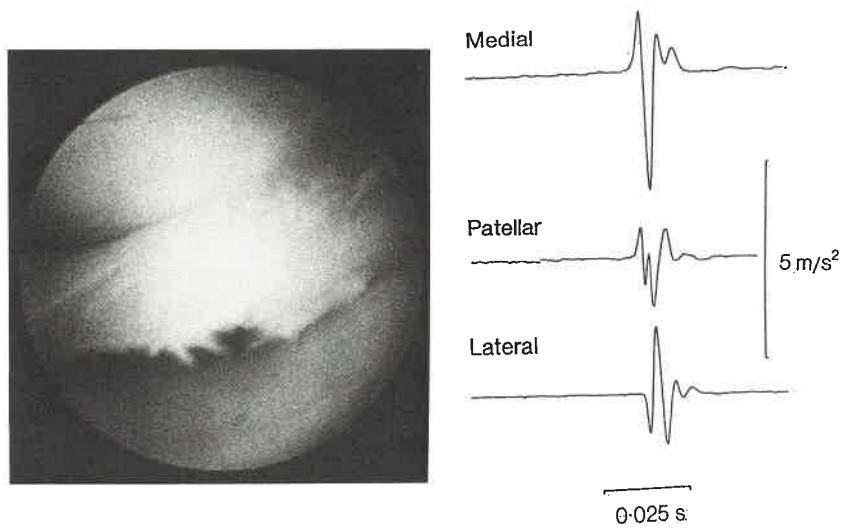


Abb. 3 Posteriorer Korbhenkelriß (Typ III) und das der Läsion entsprechende Signal.

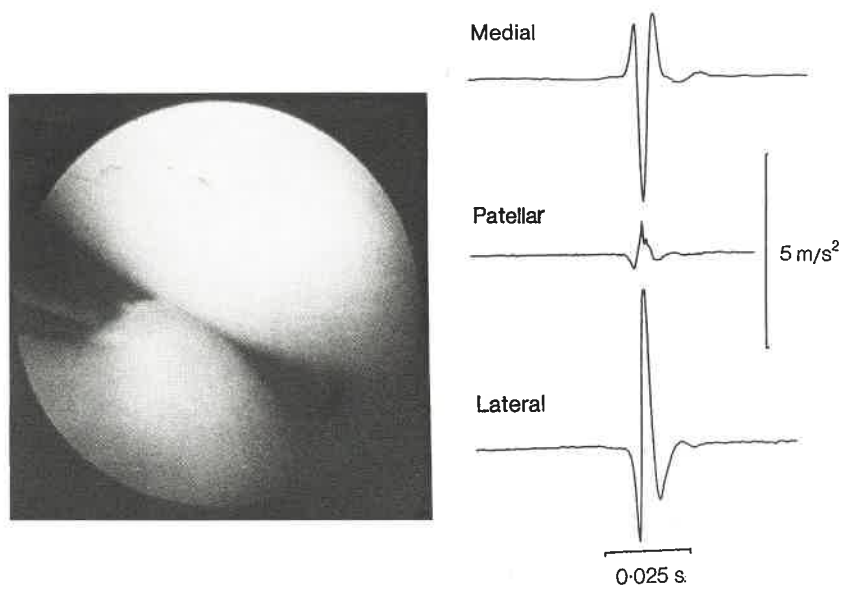


Abb. 4 Bei einem Lappenriß des Hinterhorns findet sich nur eine äußerst kleine Ablenkung des patellaren Signals.

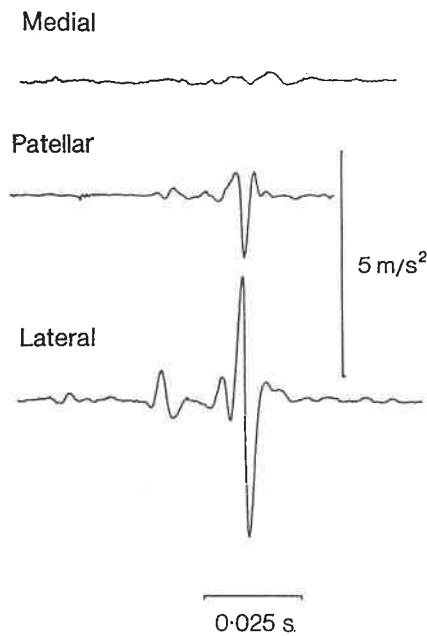


Abb. 5 Signalmuster bei einem zystischen Meniskus lateralis. Auf der betroffenen Seite findet sich eine große Ablenkung, das Signal der gegenüberliegenden Seite ist sehr klein.

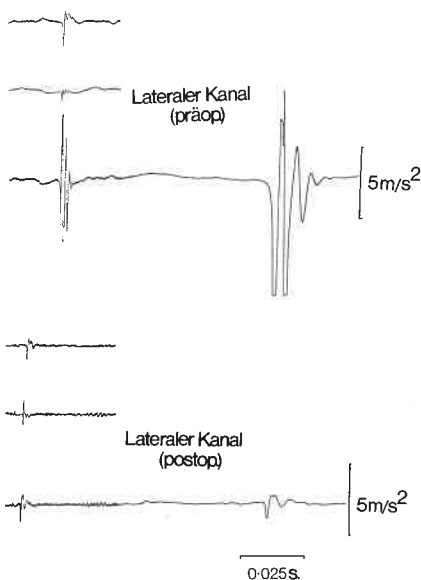


Abb. 7 Prä- und postoperative Aufnahmen eines Patienten mit fortbestehenden milden Beschwerden nach dem Eingriff. Die Größe des mechanischen Ereignisses (d. h. der Beschleunigungsbereich) beträgt weniger als ein Zehntel des präoperativen Wertes.

(Abb. 5). Die charakteristischen Signale dieses Läsionstyps fanden sich in der Mittelstellung, bei circa 45° Flexion. Dreißig durch Zufallsauswahl bestimmte Personen mit Meniskusresektion wurden zu einer Nachuntersuchung ge-

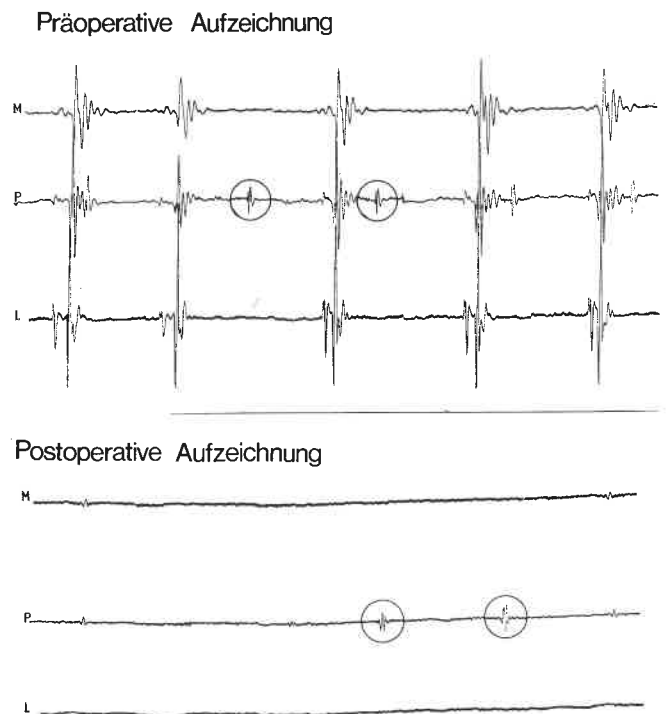


Abb. 6 Prä- und postoperative Aufzeichnungen aufgenommen bei einem Patienten mit vollständiger Rückbildung der Symptomatik. Das Meniskussignal ist verschwunden; Über der Patella besteht ein kleines „Marker“-Signal fort.

ten, wovon 26 den Termin einhielten. Bei allen Versuchspersonen wurde eine erneute Vibrationsarthrographie durchgeführt, um die Auswirkungen der Operation auf das Meniskussignal festzustellen. Bei 18 Patienten konnten keinerlei postoperative Meniskussignale aufgezeichnet werden. Alle Personen dieser Gruppe hatten keine oder nur noch geringe Beschwerden. Einen Vergleich der prä- und postoperativen Aufzeichnungen eines völlig beschwerdefreien Patienten zeigt Abbildung 6. Es handelt sich hierbei um einen 19-jährigen Mann, der beim Fußball eine Rotationsverletzung des linken Knies erlitten hatte. Bei der Arthroskopie wurde eine horizontale Spaltung, die sich über einen Großteil des lateralen Meniskus erstreckte, festgestellt. Präoperativ war ein großes reproduzierbares Signal mit Maximum über dem lateralen Kondylus bei 15° Flexion beobachtet worden. Die postoperative Aufzeichnung zeigte kein Meniskussignal. Die kleinen „Marker“-Signale über der Patella hingegen (eingekreist in Abbildung 6) waren wie in der präoperativen Aufzeichnung zu sehen.

Bei fünf Patienten wurde bei der Nachuntersuchung ein vermindertes Signal nachgewiesen. Alle Personen dieser Gruppe gaben eine deutliche Besserung ihrer Beschwerden an, wenngleich sie noch über geringgradige Beeinträchtigungen klagten. Abbildung 7 zeigt die prä- und postoperativen Aufzeichnungen eines solchen Patienten. Präoperativ war ein großes Signal auf der lateralen Seite des Gelenkes aufgenommen worden. Der Beschleunigungsbereich dieses Signals ging über 15 m/s² hinaus. Die Arthroskopie zeigte einen Riß am Hinterhorn des lateralen Meniskus. Postoperativ wurde ein ähnliches, jedoch wesentlich kleineres Signal aufgezeichnet mit einem Beschleunigungsbereich von nur noch 1,2 m/s².

Durch die Operation war folglich die Amplitude des Signals (d. h. die Größe des mechanischen Ereignisses) auf weniger als ein Zehntel seiner ursprünglichen Größe reduziert worden. Die verbleibenden drei Patienten wiesen keine Veränderung des Meniskussignals bei der Nachuntersuchung auf. Ein Patient hatte sich erneut eine Verletzung zugezogen. Das Vibrationsarthrogramm (VAG) entsprach dem klinischen Eindruck, daß er eine frische Läsion des lateralen Meniskus erlitten hatte. Dies konnte arthroskopisch bestätigt werden. Bei den beiden übrigen Patienten, deren Beschwerden unverändert waren, entsprachen die Aufzeichnungen der Nachuntersuchung den präoperativen Aufnahmen. Eine arthroskopische Bestätigung steht noch aus.

Diskussion

In der vorliegenden Studie über Meniskusverletzungen wurde gezeigt, daß die nicht-invasive Technik der Vibrationsarthrographie eine Sensitivität von 86 % aufweist. Dies entspricht Ergebnissen über die invasiven Verfahren der Arthrographie und Arthroskopie (Gillies und Siligson, 1979; Ireland, Trickey und Stroker, 1980). In allen Fällen konnte mit Hilfe unserer Technik die Läsion auf der richtigen Seite lokalisiert werden. In den meisten Fällen ließ sich nicht nur die Läsion richtig lokalisieren, sondern auch die Form der Meniskusverletzung mit großer Wahrscheinlichkeit bestimmen.

Bei 24 Fällen (14 %) mit arthroskopisch nachgewiesenem Meniskusriß war das Vibrationsarthrogramm normal. Von diesen 24 Personen klagten 10 über Blockierung des Kniegelenkes. Wir nehmen an, daß das Meniskussignal durch Vibrationen eines Festkörpers entsteht, die durch eine Veränderung der normalen „Roll-gleit“-Bewegung des Kniegelenkes hervorgerufen wird. Diese Anschauung stimmt mit der Arbeit von Frankel u. Mitarb. (1971) überein, nach der die Blockierung des Kniees einer Veränderung der „Roll-gleit“-Bewegung zugeschrieben wird. Unserer Ansicht nach stellt das Signal selbst das Ergebnis einer plötzlichen Rückkehr in den normalen Bewegungsablauf nach kurzzeitiger Unterbrechung der „Roll-gleit“-Bewegung durch Zwischenlagerung von Weichteilen dar. Weitere Untersuchungen sind nötig, um die genaue Entstehung des Meniskussignals zu bestimmen.

Ein beträchtliches diagnostisches Potential ergibt sich aus den unterschiedlichen Signalmustern der verschiedenen Meniskusverletzungen: Risse im Hinterhorn verursachten Signale bei nahezu maximaler Flexion; die beobachtete Ablenkung über dem von der Patella abgeleiteten Kanal war charakteristischerweise sehr klein. In dieser Beugstellung wird die Patella eng an der Femur gepreßt und ist somit nur zu geringen eigenständigen Bewegungen fähig. Dies Phänomen trägt zur Erklärung des kleinen Patellarsignals von Rissen am Hinterhorn bei. Zur völligen Aufklärung ist jedoch weitere Forschung in dieser Richtung notwendig.

Werden Signale in der Mittelstellung oder bei nahezu vollständiger Extension aufgenommen, wie z. B. den bei Typ-I-Korbhenkelrissen, so liegt die Größe des von der Patella abgeleiteten Signals zwischen derjenigen der betroffenen und der kontralateralen Seite. Die unterschiedlichen Signalmuster von Hinterhorn- und Korbhenkelrissen wurden im Verlauf der Studie wiederholt beobachtet. Daher war es möglich, die Art der Meniskusläsion bei einer akuten Kniegelenkverletzung durch ein nicht-invasives Verfahren zu bestimmen. Hinterhornrisse neigten dazu, Signale bei voller Flexion, Korb-

henkelrisse hingegen in Mittelstellung oder bei nahezu voller Extension hervorzurufen. Diese Beobachtung verleiht den Ergebnissen von Danis u. Mitarb. (1972) zur akustischen Beurteilung von pathologischen Vorgängen am Gelenk erneut Nachdruck.

Es ließ sich nachweisen, daß Meniskektomie einen nachdrücklichen Effekt auf das Meniskussignal ausübt: In den meisten nachuntersuchten Fällen entsprach eine vollständige Rückbildung des Signals auch dem Verschwinden der Symptome. In anderen Fällen ließ sich postoperativ ein wesentlich kleineres Signal beobachten. Wie Abbildung 7 zeigt, konnte die Energie des Vibrationssignals, die als Beschleunigungsbereich bestimmt wird, durch den operativen Eingriff auf weniger als ein Zehntel des präoperativen Wertes verringert werden. Diese Meniskussignale geben die pathologischen Kräfte wieder, die auf die Gelenkoberflächen einwirken. Somit kann angenommen werden, daß die Größe des nachgewiesenen mechanischen Ereignisses der Fähigkeit entspricht, den Knorpel fortschreitend zu zerstören. Meniskektomie scheint die Wahrscheinlichkeit von Knorpelzerstörungen zu verringern und in den meisten Fällen völlig zu beseitigen. Die Vibrationsarthrographie ist zudem eine objektive Methode, den Erfolg der arthroskopischen Meniskusentfernung zu beurteilen.

Es ist allgemeine Überzeugung, daß sich die Technik der Vibrationsarthrographie noch in der Entwicklung befindet. Nichtsdestotrotz zeigt sich klar ihr Potential als Diagnostikum. Wie diese vorläufige Untersuchung von Meniskus-schäden zeigt, stellt VAG einen nicht-invasiven diagnostischen Test dar, dessen Sensitivität derjenigen der Kontrastarthrographie nicht nachsteht. Weitere Verbesserungen von Aufnahme- und Analysetechnik werden angestrebt, um den Zeitaufwand für die Durchführung des Tests und Auswertung der Daten zu verringern. Die Vibrationsarthrographie ist ein Fortschritt in der nicht-invasiven Beurteilung von akuten Knieverletzungen.

Literatur

- Cowie, G. H., R. A. B. Mollan, W. G. Kernohan, B. A. Bogues: Vibration Emission in detecting Congenital Dislocation of the Hip. *Orthop. Rev.* 13 (1984) 73
- Dandy, D. J.: *Arthroscopic Surgery of the Knee*. London, Churchill-Livingstone (1981)
- Danis, L., E. Szabó, Z. Török: Genophonographiás görbék osztályozása meniscus sérüléseknél. *Magr. Traumatol.* 15 (1972) 202
- Frankel, V. H., A. H. Burnstein, D. B. Brooks: Biochemanics of internal derangements of the knee. Pathomechanics as determined by analysis of instant centres of motion. *J. Bone Joint Surg. (Am.)* 53A (1971) 945
- Gillies, H., D. Siligson: Precision in the diagnosis of meniscal lesions: A comparison of clinical evaluation, arthrography and arthroscopy. *J. Bone Joint Surg. (Am.)* 61A (1979) 343
- Ireland, J., E. L. Trickey, D. J. Stroker: Arthroscopy and arthrography of the knee. *J. Bone Joint Surg. (Br.)* 62B (1980) 3
- Jackson, R. W., K. E. deHaven: Arthroscopy of the knee. *Clin. Orthop.* 107 (1975) 87
- McCoy, G. F. M., J. D. McCrea, D. E. Beverland, W. G. Kernohan, S. N. Shaw, R. A. B. Mollan: Vibration arthrography in the diagnosis of the knee. *J. Bone Joint Surg. (Br.)* 67B (1985) 844
- McCrea, J. D., G. F. McCoy, W. G. Kernohan, C. J. McClelland, R. A. B. Mollan: Vibrationsarthrographie in der Diagnostik von Kniegelenkskrankheiten. *Z. Orthop.* 123 (1985) 18
- Wallace, R. G. H., R. A. B. Mollan, W. G. Kernohan: Preliminary report on a new technique to aid diagnosis in some disorders of the hand. *J. Hand Surg.* 10B (1985) 269

Dr. med. G. F. McCoy
Department of Orthopaedic Surgery
The Queen's University of Belfast
Musgrave Park Hospital
Belfast BT 9 7JB
Northern Ireland